



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE MEDICINA

Máster en Rehabilitación Visual

MEMORIA TRABAJO FIN DE MÁSTER TITULADO

La visión binocular en la rehabilitación visual
de pacientes con baja visión

Presentado por Daniel Sánchez Urgellés

Tutelado por: Ángela Morejón Arranz

En Valladolid a, 1 de julio de 2022

INDICE

RESUMEN.....	3
1 Introducción	5
1.1 Definición de baja visión.....	5
1.2 Rehabilitación visual	5
1.3 Visión binocular.....	5
1.4 Justificación	7
2 Objetivos	9
3 Material y métodos	10
3.1 Criterios de inclusión/exclusión	10
3.2 Estrategia de búsqueda.....	11
4 RESULTADOS.....	12
4.1 SISTEMA VERGENCIAL MOTOR	12
4.1.1 Déficit por pérdida de campo visual periférico.....	14
4.1.2 Déficit por pérdida de campo visual central	15
4.2 ESTEREOPSIS.....	15
4.2.1 Defecto de campo visual central.....	16
4.2.2 Defecto de campo visual periférico.....	18
4.3 SUMA E INHIBICION BINOCULAR	19
4.4 FUSION DE CAMPOS.....	23
5 Discusión.....	27
5.1 Sistema vergencial motor.....	27
5.2 Estereopsis	28
5.3 Suma e inhibiciones binoculares	30
5.4 Fusión de campos visuales	31
6 Conclusión	34
7 Bibliografía.....	36

RESUMEN

Los beneficios de la visión binocular frente a la visión monocular han sido ampliamente descritos, sin embargo, la visión binocular en la baja visión no suele prestarse demasiada atención, esto es debido en parte, a que los pacientes de baja visión suelen presentar diferencias entre ambos ojos, tanto en las agudezas visuales como en la sensibilidad al contraste o en los campos visuales, de forma que se podría llegar a pensar que la visión binocular en dichos pacientes es incompatible, dando lugar únicamente a la visión monocular, sin embargo se ha demostrado cómo es posible que se dé la visión binocular en pacientes de baja visión que muestran diferencias interoculares. En esta revisión bibliográfica repasaremos los diferentes procesos y características que intervienen en la visión binocular y como interactúan en pacientes de baja visión, además, analizaremos la necesidad de evaluar la visión binocular con el objetivo de mejorar la calidad de vida del paciente de baja visión a través de técnicas específicas y adaptadas de rehabilitación visual enfocadas en potenciar la visión binocular para optimizar el resto visual.

Abstract

The benefits of binocular vision over monocular vision have been widely described, however, binocular vision in low vision is often not given much attention, in part because low vision patients often have differences between the two eyes, However, binocular vision in low vision is not often given much attention, in part because low vision patients often have differences between the two eyes, both in visual acuity and in contrast sensitivity or visual fields, so that one might think that binocular vision in these patients is incompatible, giving rise only to monocular vision, however it has been shown how binocular vision is possible in low vision patients who present with interocular differences. In this literature review we will review the different processes and characteristics involved in binocular vision and how they interact in low vision patients. We will also analyse the need to assess binocular vision in order to improve the quality of life of the low vision patient through specific and adapted visual rehabilitation

techniques focused on enhancing binocular vision to optimise the remaining visual acuity.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Definición de baja visión

La OMS define la baja visión como una pérdida irreversible de sus funciones visuales, no recuperable por ningún tratamiento, cirugía o corrección refractiva

De esta forma una persona tiene baja visión (BV) cuando tiene una agudeza visual (AV) inferior a 6/18 (0.3 decimal) en el mejor ojo con la mejor corrección posible, o un campo menor o igual a 10° desde el punto de fijación.¹

1.2 Rehabilitación visual

La rehabilitación visual (RV) es la técnica que pretende optimizar el resto visual mediante el uso de diferentes técnicas, ejercicios, estrategias y ayudas ópticas y no ópticas con el fin de maximizar la efectividad de resto visual de los pacientes a la hora de realizar tareas específicas y mejorar su calidad de vida.

Estos programas de rehabilitación visual se preparan en función de la patología del paciente, sus necesidades y sus objetivos, para así conseguir su máxima autonomía e integración social.²

1.3 Visión binocular

la visión binocular (VB) es un complejo conjunto de interacciones oculares y fenómenos ópticos por el cual se obtiene una imagen resultante a partir de las imágenes obtenidas monocularmente, que requiere de un sistema visual “perfecto” para su total desarrollo, para ello es necesario el uso simultáneo de ambos ojos y la fusión en el cerebro de las respectivas imágenes.^{3,4}

En función del grado de fusión que exista en el sistema visual podemos encontrar con diferentes niveles de binocularidad:

- supresión: No hay fusión de las dos imágenes proporcionadas por la retina y el cerebro decide solo tomar una de ellas.
- visión simultánea: permite la visualización de dos imágenes de manera simultánea, pero sin fusión entre las mismas.
- fusión plana: existe fusión de las imágenes y de los campos, pero sin estereopsis.
- estereopsis: nivel más avanzado de fusión, de esta forma las dos imágenes monoculares logran integrarse, siempre que sean lo suficientemente similares, gracias a este nivel de fusión obtenemos la percepción de tridimensionalidad.

Para que se produzca una correcta fusión de las imágenes que de como resultado la estereopsis, necesita del perfecto funcionamiento del sistema visual que esta formado por:

- Sistema sensorial: el encargado de la fusión sensorial de la imagen, que es el proceso por el cual se unen e interpretan en la corteza visual las imágenes de cada ojo para obtener visión binocular
- Sistema Motor: es el mecanismo que permite alinear los ejes de ambos ojos con el objeto enfocado y mantener la fijación, aunque el objeto se desplace mediante el uso de las vergencias y la acomodación.
- Sistema óptico: son todas las estructuras que se ven involucradas en la obtención de información como la retina, cristalino y otras partes del ojo.

De esta forma podemos resumir las principales características de la función visual binocular que tienen que darse para obtener una visión binocular

- Estereopsis
- Suma binocular y neural
- Fusión de campos visuales
- Fusión motora

1.4 Justificación

En 2020 se estimó que en el mundo hay 2.200 millones de personas que tienen discapacidad visual, y que el número de personas con discapacidad visual va en aumento pese a las nuevas políticas.⁵

El crecimiento y el envejecimiento a la vez de una mayor esperanza de vida, de las poblaciones han llevado a un número cada vez mayor de personas con discapacidad visual moderada o grave en todo el mundo. De esta forma se prevé que para 2030 un tercio de la población mundial tendrá más de 60 años.⁶

De igual forma que aumenta envejecimiento y la esperanza de vida de la población, lo hace la prevalencia de patologías que pueden causar una discapacidad visual, como cataratas, glaucoma o la degeneración macular.

Ante esta terrible situación en la que nos encontramos en la que el número de personas con discapacidad visual irreversible aumenta cada año y afecta de forma negativa a como estas personas se relacionan con su entorno, mediante la realización de tareas cotidianas y en definitiva a su calidad de vida, la rehabilitación visual se plantea como la única solución para el manejo de la discapacidad visual.

La RV en personas con BV tiene como objetivo optimizar el uso de la visión residual además de enseñar todas aquellas habilidades que puedan mejorar el funcionamiento visual en la vida diaria.

Para ello la RV hace uso de muchas estrategias entre las que encontramos mejorar la AV mediante la prescripción de la mejor corrección óptica, prescripción de ayudas ópticas y no ópticas para la realización de tareas además del desarrollo de estrategias para la realización de tareas específicas.

Sin embargo, se ha observado como habitualmente en las evaluaciones rutinarias previas a la RV y durante la RV no se evaluaba la función visual binocular de los pacientes de BV que muestran diferencias significativas entre

las AV o los campos visuales (CV) monoculares de cada ojo e incluso otras características refiriéndose a ello como diferencias interoculares, centrándose de esta forma en el mejor de los dos ojos, aunque exista la posibilidad de desarrollar algún grado de binocularidad.^{7,8}

Existe un gran número de pacientes de baja visión con diferencias interoculares que podrían beneficiarse del uso de la VB en su vida, mejorando así su calidad de vida.

2 OBJETIVOS

-Objetivo principal

valorar si está justificado tener en cuenta la visión binocular en la rehabilitación visual de pacientes con baja visión.

-objetivos secundarios

Identificar las principales funciones visuales binoculares y evaluar cómo afecta su disfunción a la visión binocular en pacientes de BV.

Valorar la posibilidad de recuperar o mejorar la VB o alguno de los elementos en pacientes con BV.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se realizó una revisión bibliográfica o información relevante mediante la búsqueda en diferentes bases de datos científicas como Medline y IOVS o el uso de diferentes motores de búsqueda como Pubmed, Google Scholar, Science Direct

Las palabras clave utilizadas han sido “low vision”, “binocular vision”, “Visual rehabilitation”, “stereopsis”, “Binocular Inhibition”, “Ocular Desviation”, “Binocular summation” “visual field” todos ellos solos o combinados mediante el operador booleano “AND”

No se restringió la búsqueda de los artículos según la fecha de publicación debido a la escasa evidencia científica encontrada, sin embargo, la gran mayoría de los artículos finalmente seleccionados para la revisión bibliográfica se publicaron en los últimos 10 años a excepción de 2 artículos que fueron publicados en 1966 y 1995 que finalmente fueron incluidos por su relevancia para la revisión bibliográfica.

3.1 Criterios de inclusión/exclusión

Finalmente, para realizar una selección final de los artículos para la revisión bibliográfica, se marcaron una serie de criterios de inclusión y exclusión

- Criterios de inclusión:
 - Artículos relacionados con la visión binocular, los procesos de la visión binocular o las funciones de la visión binocular en pacientes con baja visión
 - Artículos que aportan información necesaria o relevante para la realización de la revisión bibliográfica
- Criterios de exclusión:
 - Idioma diferente al castellano o el inglés

- Artículos duplicados tras la búsqueda con las palabras clave seleccionadas
- Artículos sin acceso al texto completo
- Artículos relacionados con la visión binocular, los procesos de la visión binocular o las funciones de la visión binocular pero que no sea en pacientes con baja visión
- Artículos que no cumplan los criterios de inclusión anteriormente expuestos

3.2 Estrategia de búsqueda

Inicialmente, se seleccionaron los artículos según su título, resumen Y su cumplimiento de los criterios de exclusión. a continuación, se procedió a la lectura completa de los artículos y se descartó aquellos que no cumplieran los criterios de inclusión. de esta manera, se escogieron 24 artículos para su análisis

4 RESULTADOS

Todos los procesos o características necesarios para la VB mencionados anteriormente son imprescindibles para la correcta VB, sin embargo, cuando hablamos de la visión en personas con baja visión la situación es diferente.^{3,4}

Podemos encontrarnos diferentes situaciones con pacientes de BV en la que la VB puede verse comprometida por importantes diferencias interoculares debidas a diferentes AV, defectos de los campos visuales asimétricos, localizaciones no correspondidas de los locus retinianos preferentes (LRP), desviaciones en los ejes visuales, todas ellas razones incompatibles con la VB, que pueden ser debidas a diferentes patologías que se presentan o a las anomalías binoculares.^{7,8}

Es por ello por lo que a lo largo de esta revisión bibliográfica trataremos de valorar la necesidad de tener en cuenta la función visión binocular en la RV de pacientes de BV, para ello analizaremos las diferentes características de la función visual binocular y como afectan estas a la visión binocular en pacientes con baja visión.

4.1 sistema vergencial motor

es el mecanismo que permite alinear los ejes de ambos ojos con el objeto enfocado, de esta forma las imágenes obtenidas de un mismo punto se forman sobre puntos correspondientes en ambas retinas, permitiendo así conseguir obtener una única percepción de dicho objeto. Esto es posible gracias al proceso de la fusión, en el que deben tenerse en cuenta tanto cuestiones geométricas como fisiológicas del sistema visual, de esta forma nos encontramos con dos tipos de fusión:

- fusión sensorial
- fusión motora

Para una correcta VB, es necesario un correcto funcionamiento de ambas fusiones, de esta manera conseguiremos una única percepción. En este caso estudiaremos la fusión motora y los procesos necesarios que se dan en las personas con BV.

Es imprescindible una correcta fusión motora, puesto que dicha fusión motora es la responsable de alinear los ejes de ambos ojos en un punto determinado de enfoque con las fóveas (fusión foveal o central) y la retina periférica (fusión periférica) de ambos ojos que obtendrá la información, produciendo excitación de los puntos retinianos correspondientes y ligeramente dispares, que serán posteriormente integrados para conseguir una percepción única mediante la fusión sensorial

Además, la fusión motora debe de ser capaz de mantener dicha alineación, de esta manera la fusión motora se vale de los movimientos de vergencia fusional, para ser capaz de realizar esta tarea.

cuando la fusión motora no es capaz de mantener la alineación de los ejes de cualquiera de los dos ojos de manera correcta y se genera una situación en la que los ojos están obteniendo información demasiado diferente como para ser fusionada por la fusión sensorial, esta puede provocar astenopia, dolor de cabeza, visión borrosa e incluso visión doble.

En el caso de una persona con discapacidad visual, la fusión motora funciona de la misma forma, pero nos encontramos ante una situación diferente, en la que las alteraciones motoras o las diferencias visuales de cada ojo influirán de manera negativa en la fusión motora en cuanto a cómo interactúa en el correcto alineamiento de los ojos en el proceso de la visión.

Para evaluar el sistema vergencial motor en los pacientes de BV vamos a dividirlos en función de la pérdida de CV ocasionada por el déficit visual; de esta manera nos encontramos con dos grupos según la causa:

4.1.1 Déficit por pérdida de campo visual periférico

La pérdida de la visión periférica, que es la principal fuente de información del entorno y la encargada del posicionamiento y el entorno, dará como resultado una pérdida de la fusión periférica y con respecto a alineamiento de ejes, la pérdida de la fusión periférica supondrá un mayor riesgo de sufrir desviaciones sensoriales de los ejes visuales.

La pérdida de la función visual periférica provoca que el riesgo de padecer una desviación ocular aumente del 4% en adultos sin ninguna patología al 30%; de esta manera en aquellas personas con defecto de la función visual periférica la probabilidad de padecer estrabismos constantes o alternantes es mayor.⁷ La pérdida de fusión periférica y sus consecuencias en el alineamiento de los ejes visuales ha sido relativamente bien descrita en la patología de la retinosis pigmentaria (RP), en la que la pérdida progresiva de la visión periférica provoca una pérdida de la fusión periférica que a su vez provoca desviaciones en los ejes visuales, que en la mayoría de los casos se manifiestan como exodesviaciones, como es en el caso del estudio de Miyata et al.⁹ En el mencionado estudio, se explora la relación entre la desviación ocular y la función visual en pacientes con defectos de campo visual periférico, en 119 pacientes con retinitis pigmentaria, de los que el 93% mostraban algún tipo de desviación en visión próxima, 82% fueron exodesviaciones y tan solo el 11% esodesviaciones.

Los resultados del estudio también revelaron una correlación directa entre la pérdida de la visión periférica y el grado de desviación; aquellos con mayores restricciones en el CV periférico mostraban mayores desviaciones horizontales, alrededor del 30% de los sujetos que participaron en el estudio tuvieron una desviación medida de $>10^\circ$; sin embargo también se observó como aquellos con mayores desviaciones tenían menor consciencia de las sensaciones de diplopía o visión borrosa en condiciones binoculares.

También se observó en el estudio de Rafael Migliorini et al,¹⁰ que evalúa la presencia de alteraciones de la motilidad ocular en pacientes con RP en el que el 65% de los participantes mostraron restricciones en la motilidad ocular en al

menos una dirección de la mirada; de este 65%, la mitad de los casos se debieron a factores genéticos de la retinosis pigmentaria, sin embargo la otra mitad de los casos se debieron a la pérdida de la visión periférica

4.1.2 Déficit por pérdida de campo visual central

La visión central ha sido ampliamente estudiada y está muy bien descrita. La visión central es la encargada principalmente de ofrecernos información acerca de detalles finos, sobre el color, e incluso nos permite detectar formas; sin embargo, con relación al alineamiento de los ejes en los casos de la pérdida de la visión central, encontramos escasa evidencia científica que hayan estudiado esta relación.

Respecto a la alineación de los ejes en los casos de pérdida de visual central, distintos estudios han observado que en la presencia de desviaciones que se manifestaron en la mayoría de los casos descritos como exodesviaciones (aunque también hubo un caso de esodesviación)¹¹ estos cambios en la alineación de los ejes vendrían dados por un cambio en la condición de VB a monocular por el desarrollo de PRL no correspondientes en VB, en el que el punto de fijación monocular del peor ojo en el que había desarrollado un PRL monocular, cambia de posición en el momento de la visión binocular a una ubicación correspondida con respecto al PRL del mejor ojo.¹² El resultado del estudio evidencia la necesidad de la recalibración del sistema oculomotor, partiendo de la ubicación del PRL del mejor ojo como referencia.

Algo parecido intentó reproducir Matij Skrbek,¹³ en su estudio, en el que mediante la corrección prismática corrigió la desviación de 2 de los pacientes que de manera anecdótica mejoraron sus AV y su confort en la realización de tareas cotidianas en visión próxima

4.2 Estereopsis

Es el grado de fusión más alto y se define como capacidad de ubicar objetos en relación con la propia ubicación, es decir permite la tridimensionalidad. La estereopsis es necesaria para realizar interacciones precisas con el entorno que nos rodea y es particularmente importante para alcanzar objetos y realizar tareas cotidianas que se realizan día a día además de moverse por el entorno y evitar obstáculos que puedan provocar caídas.

De esta manera la estereopsis necesita de una función visual intacta y simétrica, sin embargo, existen numerosas patologías oculares que afectan a la simetría visual de la cual se vale el sistema visual para que se produzca la estereopsis, haciendo que esta se vea reducida o que haya una ausencia de la misma. Se ha observado como aquellas patologías que producen mayores defectos de campos visuales asimétricos, son aquellas en las que encontraremos estereoagudezas más pobres o ausencia de estereopsis

Para analizar mejor como se relaciona la estereopsis en la BV con diferencias interoculares, vamos a dividir el análisis en dos partes, según la afectación del campo visual, de esta manera estudiaremos como está afectada la estereopsis cuando existen:

4.2.1 Defecto de campo visual central

En el caso de una pérdida asimétrica de CV central, es posible mantener algún grado de estereopsis; esto es gracias a la fusión periférica, dado que la fusión foveal o central se ha perdido a causa del defecto del CV central, de esta manera la fusión periférica será la encargada ahora de mantener la estereopsis en el sistema visual binocular.

Tal y como ya se ha indicado anteriormente, la estereopsis juega un papel vital en lo que se refiere a la percepción de profundidad, realización de tareas finas como la lectura, tareas que precisan de coordinación ojo mano o incluso deambular de manera segura. ^{14,15}

De esta manera se ha observado que en los casos exista un defecto del CV central que dé como resultado la pérdida de la fusión central se desarrolla un PRL en cualquier parte de la retina que no esté afectada, que asumirá las funciones de fovea. En los casos en los que el defecto de campo visual sea bilateral se generarán PRL monoculares en cada ojo que en función de su localización podrán ser correspondientes o no correspondientes.

En el caso de que los PRL de ambos ojos en visión binocular sean correspondientes, la información visual obtenida por ambos ojos puede ser lo suficiente similar y a la vez dispar como para que el resultado del procesamiento visual genere la percepción de la estereopsis; sin embargo, en el caso en los que los PRL monoculares se hayan desarrollado en puntos de la retina no correspondientes, la probabilidad de generar la percepción de la estereopsis como resultado del procesamiento visual de la información demasiado dispar como para fusionar es más baja que en el caso de poseer PRL monoculares correspondientes, dicha circunstancia imposibilitará la correcta fusión o procesamiento de la imagen como única, lo que supondrá una pérdida de la estereopsis.

Este hecho se ha comprobado por diversos estudios; como el estudio de Cao & Markowitz,¹⁶ que demostró, como a pesar de las grandes diferencias interoculares que presentaban los pacientes de BV existía la posibilidad de generar estereopsis, además de evidenciar la presencia de estereopsis en pacientes con defectos de CV con PRL monoculares en áreas correspondientes de la retina, de esta forma como se muestra en el estudio, el 51% de los pacientes habían desarrollado PRL monoculares en áreas retinianas correspondientes, de aquellos que habían desarrollado PRL en áreas de la retina correspondientes el 61% desarrollaron algún nivel de estereopsis y tan solo un 39 % restante que habían desarrollado PRL monoculares en áreas de la retina correspondientes, no desarrollaron ningún nivel de estereopsis; este último grupo que si habían desarrollado los PRL en áreas retinianas correspondientes pero que no se había generado estereopsis (ilustración 1), pudo deberse a presencia de diferentes procesos o disfunciones visuales binoculares como

inhibición binocular, rivalidad ocular o disfunciones en el sistema vergencial motor.

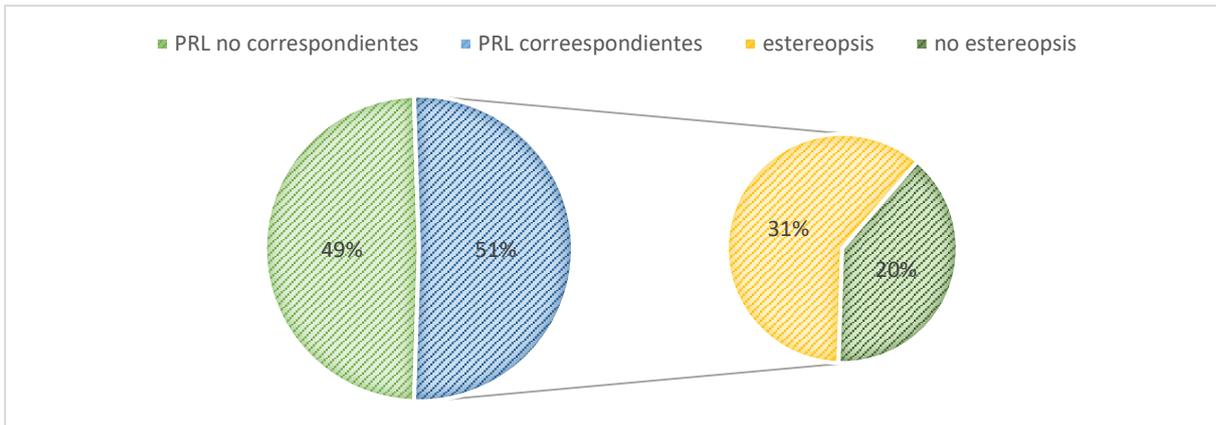


Ilustración 1 Gráfica con información del estudio de Cao & Markowitz, que muestra la los porcentajes de PRL desarrollados en áreas correspondientes y no correspondientes de la retina en visión binocular y su relación con la estereopsis.¹⁷

4.2.2 Defecto de campo visual periférico

En el caso de un defecto de CV periférico, nos encontramos ante una posible pérdida de la fusión periférica que, como se evidencia en diversos estudios de la estereopsis en defectos del CV periféricos, se relaciona con las habilidades como la orientación espacial, la movilidad y equilibrio; de esta manera podemos asumir que las capacidades de los pacientes con defectos de campo visual periférico se muestran reducidas.^{18,19}

sin embargo, la fusión foveal o central aún se conserva, lo que quiere decir que aún se da el proceso de fusión y por tanto puede desarrollarse la estereopsis. De esta forma diversos autores han descrito la relación que existe entre la pérdida de CV periférico en pacientes de baja visión y la función visual binocular de la estereopsis. Es el caso de los estudios de Goldstein et al²⁰ y Miyata et al⁹ que relacionaron la pérdida de los CV periféricos en las retinosis pigmentarias y la presencia de heteroforias y desviaciones en la alineación ocular que hacen imposible la estereopsis, en la que se correlacionó directamente el defecto del CV periférico con la pérdida de estereopsis, de esta manera el estudio de Goldstein et al²⁰ observó que en sujetos con campos visuales resultantes de 10°

las funciones como la estereopsis o la fusión periférica podían mantenerse aunque alteradas. Sin embargo, estudios más recientes como el de Miyata et al⁹ constataron como a partir de reducciones de campos visuales binoculares resultantes de aproximadamente 30° presentaban un alto riesgo de presentar estrabismos incompatibles con el correcto desarrollo de la función de la estereopsis.

4.3 suma e inhibición binocular

la suma binocular se define como un aumento en el rendimiento binocular en comparación con cualquiera de los dos rendimientos monoculares cuando las sensibilidades de los dos ojos son iguales, de esta manera en condiciones normales se experimenta una mejora en la agudeza visual y la sensibilidad al contraste con VB frente a la visión monocular. De esta forma la suma binocular en condiciones normales, en ausencia de patologías que alteren función visual, puede explicarse con modelos de probabilidad en el que las entradas presentadas simultáneamente en cada ojo brindan el doble de oportunidades de generar una respuesta correcta sobre la visión monocular, y la suma neuronal que integra las entradas de los dos ojos.

En el caso de los pacientes de baja visión la suma binocular no solo puede explicarse con modelos de probabilidad, ya que el déficit visual puede afectar de diferente manera a cada ojo, lo que provoca que las imágenes obtenidas, resultado de la visión simultánea de los dos ojos, sean diferentes, lo que dará como resultado la inhibición de la percepción de la visión de uno de los dos ojos o la imposibilidad de la suma binocular que a su vez se puede traducir en un peor rendimiento de la visión binocular o mejor rendimiento de la visión monocular, como se describe en la paradoja de Fechner.²¹

Hasta el momento solo se han investigado los procesos de suma e inhibición en pacientes de baja visión con defecto de campo visual centrales.²²⁻²⁴

Existe cierta controversia entre la comunidad científica sobre como las funciones de suma e inhibición binocular se expresan en los pacientes de BV. Esto es

debido a que, según las definiciones anteriormente dadas sobre suma e inhibición, lo más razonable que podríamos esperar sería un alto nivel de inhibición binocular en pacientes de baja visión debido a las diferencias interoculares por el déficit visual; sin embargo, existen diferentes estudios como el de Tinetti et al²⁵ que demostró la presencia de suma binocular en personas con defectos de CV central asimétricos y diferencias interoculares.

En el estudio de Tinetti et al, se analizó la eficacia de las AV monoculares y binoculares como predictores de la función visual en la discapacidad visual. El resultado del estudio determinó que tanto las AV monoculares como binoculares y los algoritmos de cálculo de la agudeza binocular visual resultante, eran buenos predictores de la función visual en la discapacidad visual y la capacidad de desempeño de actividades cotidianas en aquellos sujetos con AV similares en cada ojo o sin diferencias interoculares, pero que sin embargo, en el grupo de estudio que presentaba diferencias interoculares se observó como los algoritmos no eran buenos predictores de la función visual. Esto se debe a que tanto los sujetos del grupo de estudio que presentaban AV similares como los sujetos del grupo que presentaba AV interoculares diferentes, obtuvieron resultados similares en el porcentaje de suma e inhibición binocular, que finalmente fueron del 20% a 29% de los pacientes mostraron suma binocular frente al 19% a 23% que mostraron inhibición. Ello lleva a deducir que ni la suma ni la inhibición binocular tiene relación directa con las diferencias de AV interoculares.²⁵

Más actualmente encontramos otro estudio de Tarita-Nistor et al²⁴ que evalúa más en profundidad la relación de suma e inhibición binocular con la función visual resultante y que reafirma lo que se evidencia en el estudio de Tinetti et al,²⁵ que no existe una correlación directa entre las diferencias interoculares y la inhibición binocular en los pacientes de DMAE, puesto que el porcentaje de inhibición binocular en pacientes de DMAE que fue del 39%, no fue significativamente mayor al porcentaje de inhibición binocular del grupo de control para la misma edad que fue de 33%, aunque si fue ligeramente mayor en comparación el porcentaje de inhibición mostrada en pacientes jóvenes, que fue del 24%.

A la vista de los resultados Tarita-Nistor et al finalmente concluyeron que tanto el déficit visual causado por la patología como la edad, no afectan ni la relación binocular, ni a la cantidad de inhibición binocular o suma binocular que se manifiesta durante la VB.

Sin embargo otro estudio mas reciente de Silvestri et al ²² analiza en concreto los procesos de suma binocular y inhibición binocular en la visión en sujetos con DMAE en una actividad concreta de la vida cotidiana como es la lectura actividad estrechamente relacionada con la calidad de vida, para evidenciar si existe una ventaja real en la VB sobre la monocular en dicha tarea, para ello analizó los procesos de suma e inhibición binocular en 71 pacientes con perdida visual central, de los cuales, el 41 % experimentó inhibición binocular, el 42 % suma binocular y el 17 % no expreso sumación ni inhibición. En el estudio se evaluaron diferentes características de la visión como la agudeza visual, la sensibilidad al contraste, AV en la lectura, el tamaño de impresión crítico y la velocidad máxima de lectura, tanto binocular como monocular, comparando los resultados encontró una correlación directa entre la función visual y los procesos de suma y inhibición.

De esta forma determinó que la visión binocular no genera ninguna ventaja significativa en ninguna de las funciones que se evaluaron de la actividad de la lectura; sin embargo, si se contrastó el hecho de que el grupo que experimentó la suma binocular tenía mejor rendimiento lector binocular que el grupo que experimentó inhibición binocular en la lectura monocular, como se puede ver en la ilustración 2.

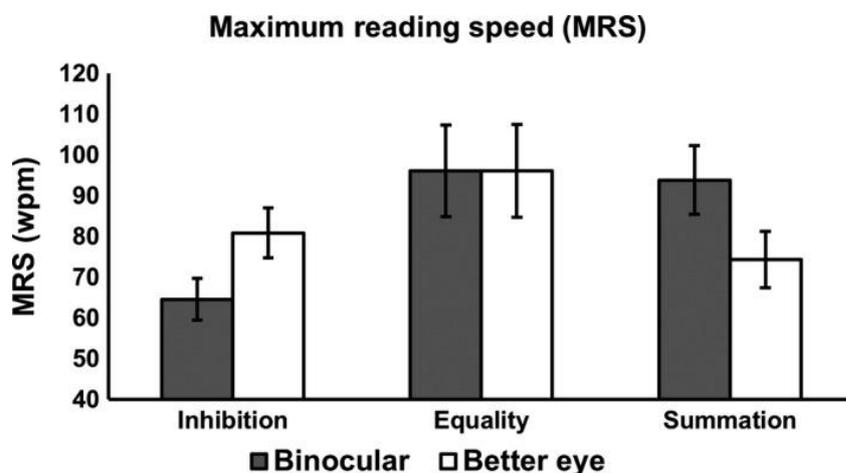


Ilustración 2 grafico que expone la velocidad máxima de lectura durante la visualización binocular y monocular con el mejor ojo para los tres grupos, en el estudio de Silvestri et al. (Silvestri et al., 2020)

Dentro del mismo estudio también se analizó la razón por la que el grupo que experimentó la inhibición binocular obtuvo peores resultados tanto en la AV binocular como en el rendimiento lector y determino finalmente cuales son las causas más probables por las que se produce la inhibición binocular en aquellos sujetos con defecto de campo visual central:

- 1) PRL monoculares en ubicaciones no correspondientes,
- 2) la ubicación de la PRL en el mejor ojo temporal o nasal al escotoma
- 3) gran diferencia de agudeza interocular
- 4) ausencia de estereopsis residual.

El análisis del grupo de inhibición binocular evidenció como el 52% de los miembros de este grupo habían desarrollado PRL monoculares en zonas de la retina no correspondientes temporales o nasales con respecto al escotoma del mejor ojo, de manera que si el PRL del mejor ojo impulsa la acción de la visión binocular y el PRL del peor ojo se mantiene y no cambia de ubicación, la imagen que se forma en el ojo contralateral caerá en el escotoma o en otra zona de la retina donde no se haya formado el PRL, por lo que se pueden dar procesos de rivalidad ocular al presentarse una imagen diferente y de peor calidad a la

ofrecida por el mejor ojo de manera que se puede producir la inhibición de la imagen del peor ojo.

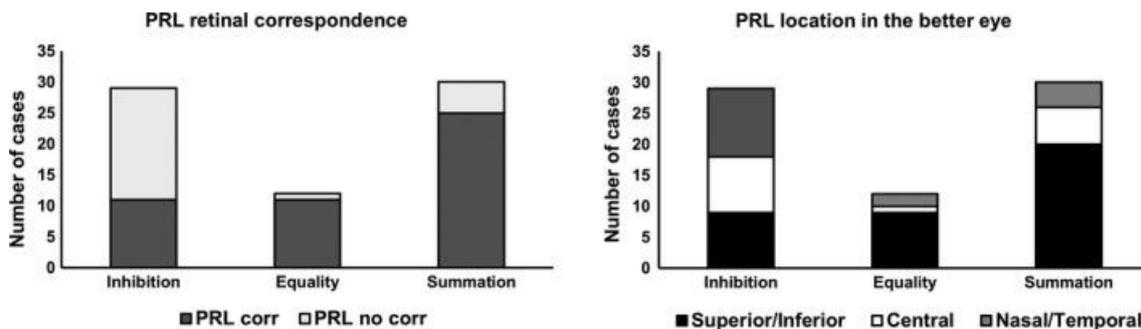


Ilustración 3 graficos del estudio de Silvestri et al que muestran la Correspondencia retinal del PRL en ambos ojos (grafico izquierdo) y la ubicación del PRL en relación con el escotoma en el mejor ojo (grafico derecho) para los tres grupos. (Silvestri et al, 2020)

Aunque la realidad sobre los procesos exactos de suma e inhibición binocular se desconocen, esta teoría está cogiendo mucha fuerza y ya hay otros estudios que lo evidencian como el estudio de Tzaridis et al,²³ en el que los pacientes de telangiectasias maculares tipo 2 (MacTel) que desarrollaron PRL monoculares en las zonas nasales o temporales no correspondientes obtuvieron peores resultados en el rendimiento lector en visión binocular que en monocular debido a los procesos de rivalidad e inhibición binocular.

4.4 fusión de campos

La suma binocular permite fusión de CV en la visión binocular mediante la superposición de campos coincidentes de ambos ojos, además de proporcionar mayor amplitud de CV al integrar las partes periféricas.

Con respecto a la extensión de los CV monoculares de cada ojo por separado tienen una extensión en su parte superior de 60°, en la inferior de 75°, en la nasal de 60° y en la temporal de más de 90°, como se muestra en la ilustración 3

Se denomina campo visual “Conjunto”, al resultado de fusionar ambos campos monoculares, de manera que el campo visual resultante de la superposición presentará un ángulo superior de 60°, inferior de 75° y hacia los lados de más de 90°. Sin embargo, en la práctica clínica cuando se quiere hacer referencia al campo visual resultante de la visión de los dos ojos de manera simultánea se usa el termino campo visual binocular y no el termino campo visual conjunto, es por ello que durante la revisión bibliográfica nos referiremos al campo visual conjunto como campo visual binocular.

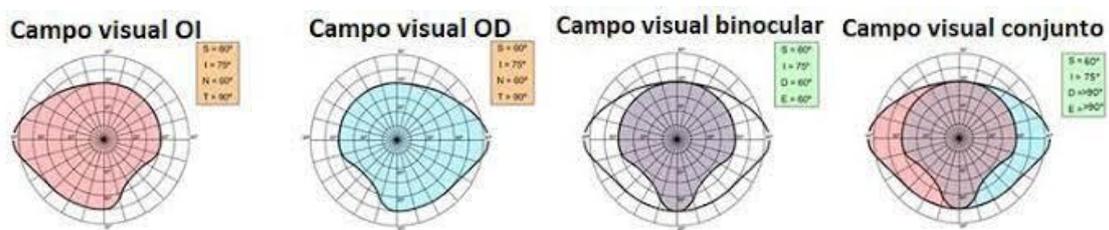


Ilustración 4 representación de los diferentes campos visuales (ONDATEGUI, J.C.; BORRÀS, M.R.; PACHECO.; VARÓN, M.C.; SÁNCHEZ, E.; GISPETS, 1998)

En los sujetos sanos, las señales que caen en los CV de ambos ojos se integran para crear una imagen única y estable del mundo exterior característica de la visión binocular. Sin embargo, a menudo en las personas con baja visión, las señales percibidas de cada CV de cada ojo pueden mostrar demasiadas diferencias debido a los defectos de CV de cada ojo, es por ello por lo que en ocasiones puede resultar imposible la fusión de las señales percibidas de cada ojo, lo que da como resultado la pérdida del CV binocular.

No obstante, el sistema visual puede ser capaz de integrar la información obtenida ambos CV de cada ojo, aunque la información obtenida de ellos sea diferente debido a los defectos de los CV, haciendo posible la fusión de ambos CV y proporcionando una única imagen resultado de la fusión de ambas, mediante procesos como el de suma binocular como hemos visto anteriormente en numerosos estudios.

Pese a ello en la práctica clínica, la evaluación del CV se realiza de manera monocular aunque en la realidad, en situaciones normales las personas usamos los dos ojos simultáneamente en la visión, es por ello que la evaluación

monocular por separado de ambos ojo puede no predecir correctamente el impacto del deterioro del CV en el individuo en lo que se refiere a la función visual resultante ²⁶ por otra parte debido en cierta manera a las limitaciones que puede presentar la evaluación del CV binocular con respecto a la información sobre la funcionalidad para el manejo y diagnóstico, es limitada y puede no ser del todo fiable en comparación con una evaluación del campo visual monocular, para la detección de escotomas relativos o la definición más precisa de los escotomas absolutos.²⁷

la falta exploración del campo visual binocular en la práctica clínica, en principio es debida a diversos factores entre los que se encuentran, la falta de pruebas diagnósticas o de un protocolo común sobre la estrategia a seguir, que ofrezcan una visión real acerca del estado funcional del CV, actualmente los métodos de exploración del CV binocular más reconocidos por la comunidad científica son entre otros, la pantalla de Bjerrum, la perimetría cinética de Goldman o la evaluación del campo visual binocular de Esterman, estos son métodos que ofrecen una valoración del estado funcional del CV binocular aunque, lo realizan de manera bruta, ya que los estímulos presentados durante la prueba, no varían de intensidad lo que puede afectar de manera negativa a la detección de escotomas relativos, de manera que puede no ser relevante para el diagnóstico y manejo en patologías con afectaciones de campo visual excepto la prueba de evaluación de campo visual binocular de Esterman que usa una técnica de detección supraumbral y si es capaz de detectar defectos de campo visual relativos incluso en visión binocular, con ciertas limitaciones.⁷

Una manera de obtener una estimación del estado funcional del campo visual binocular es la adaptación de pruebas que originariamente son de detección del estado funcional de la retina monocular en binocular, mediante la fabricación y modificación del programa original para su nueva funcionalidad en visión binocular como en el estudio de Ana et al²⁶ o incluso sin la necesidad de ello como es el caso del perímetro "IMO" en el estudio de Kumagai et al.²⁸

Otra forma de obtención de la función visual binocular que está dando buenos resultados es el campo visual integrado, que combina los resultados existentes del campo visual de umbral monocular, mediante diferentes algoritmos para crear un mapa compuesto que representa las sensibilidades del campo visual binocular del paciente, permitiendo así la detección temprana de los defectos de CV más sutiles que se podrían escapar en otra clase de perimetría binocular y obtener a la vez una estimación del estado funcional del CV monocular y binocular simultáneamente.^{21,27,28}

Este sistema puede ser especialmente útil en la práctica clínica debido a que la evaluación del CV monocular a través de perimetrías computarizadas o microperímetros es una práctica habitual clínica para el manejo y diagnóstico de la patología, porque la obtención del CV integrado es relativamente sencillo en comparación con otras técnicas, sin embargo este método tiene sus limitaciones, como es en el caso del CV evaluado, que es inferior en comparación a otros métodos como el de Esterman, debido a que la estrategia de exploración de evaluación del campo visual monocular explora menos campo visual

5 DISCUSIÓN

Durante la exposición se ha evidenciado las diferentes características, procesos y funciones binoculares posibles que se pueden presentar un paciente de BV en la VB y como afectan las disfunciones de estos mismos, en comparación con un sujeto sin baja visión de la misma edad. Es por ello que en el presente trabajo vamos a discutir la validez de la evaluación de la visión binocular en la RV de pacientes con baja visión

Los modelos actuales de RV se centran en una evaluación visual exhaustiva inicial para determinar el grado de función visual restante, prestando poca atención a la VB y su potencial para ofrecer una mejor calidad de vida, aunque en muchos casos los pacientes de baja visión puedan presentar algún grado de VB.⁸

5.1 Sistema vergencial motor

Aunque existen estudios que revelan una mayor prevalencia de desviaciones oculares en pacientes de baja visión y como estas afectan al déficit visual y se relacionan con un peor rendimiento binocular, existen varias limitaciones que afectan la aplicabilidad de estos hallazgos a la práctica clínica y en la RV.

Los diferentes resultados de los estudios reflejan la idea de que no se ha determinado, ni se ha llegado a un consenso acerca de la relación que existe entre el grado de desviación y la deficiencia visual; además existe cierta controversia acerca de la fiabilidad de los resultados y sobre cuáles son los valores mínimos de agudeza visual para la correcta evaluación del sistema vergencial y la obtención de valores fiables.^{8,9,13}

Si se consideran los escasos casos en los que se estudió y se corrigió la desviación ocular como en el estudio de Skrbek,¹³ en el que se corrigieron las desviaciones mediante prismas, se observa como la corrección prismática

correspondiente fue relativamente bien tolerada y en los dos casos en la que se practicó, se produjo una mejora en la percepción VB, pero no se pueden considerar estos hallazgos como relevantes, debido al pequeño número de participantes en el estudio.

Además ningún estudio examinó directamente el impacto del manejo de las disfunciones de la motilidad ocular y su utilidad en la rehabilitación visual, sin embargo del análisis realizado en este trabajo se puede concluir que si bien la desviación en los ejes visuales tiene una utilidad limitada en la rehabilitación visual en la actualidad, la información de las desviaciones en los ejes visuales en pacientes de baja visión puede ser de utilidad en la rehabilitación visual a la hora de prescribir ayudas ópticas monoculares o binoculares en función del grado de desviación que se observe. Se requieren estudios adicionales que investiguen la satisfacción del paciente y el éxito con la prescripción de ayudas para la baja visión que incorporen consideraciones del estado de la VB de los pacientes, para concluir si el examen del sistema de vergencia debe considerarse de forma rutinaria en la población con baja visión.

Otro aspecto importante es el aspecto psicológico de los pacientes que mostraban una desviación, en cuanto a que una de las prácticas para corregir la desviación en los ejes visuales que se considero fue la cirugía; incluso en aquellos pacientes en los que se podía suponer que no tendría ningún beneficio para la visión, muchos de ellos se mostraron satisfechos después de la operación con el fin de ver sus ojos en una posición normal, mejorando así su estado psicológico.⁹

5.2 Estereopsis

La estereopsis es un elemento esencial en la visión binocular normal, que ha sido muy estudiada por diferentes autores. Se ha evidenciado su presencia, aunque reducida o alterada, en pacientes de baja visión con diferentes patologías incluso en aquellas que afectan de manera desigual a la visión, como es el caso de la RP o la DMAE, demostrando además que es clave en la VB.^{16,21}

es por ello por lo que su evaluación en el examen inicial es muy importante ya que nos puede aportar información sobre la función visual residual que podremos usar para ofrecer un plan adaptado a sus necesidades del paciente en función de su grado de estereopsis incluso podremos valorar la efectividad de la prescripción de ayudas ópticas binoculares.

La estereopsis se correlaciona directamente con un mejor rendimiento en la realización de diferentes tipos de tareas tanto en visión próxima como lejana de los pacientes de BV,¹⁶ de tal manera que aquellos que presentaban algún grado de estereopsis mostraban menores dificultades en la realización de tareas de visión próxima así como una mejor coordinación ojo-mano,¹⁴ además también obtenían mejores resultados en los test que evaluaban la calidad de vida autoinformada²⁹ y sufrían menos accidentes.³⁰

Otro aspecto clave a la hora de tener en cuenta a la estereopsis en los procesos clínicos y de RV, es su medición, ya que las pruebas actuales de las que disponemos, están diseñadas para detectar o medir buenos niveles de estereopsis o cambios en la estereopsis que supongan una condición clínica, sin embargo no evalúan la estereopsis en condiciones reales, de manera que no obtenemos una información completa de cómo se traduce la estereopsis en la práctica es por ello que son necesarias mejores pruebas para la exploración de la función visual de la estereopsis.³¹

Hasta el momento no existe ninguna evidencia que sustente la idea de que la estereopsis en pacientes de baja visión pueda mejorarse por medio de la terapia visual o rehabilitación visual aunque estudios recientes sobre la posición de los PRL y la capacidad de entrenamiento de nuevos PRL en ubicaciones retinianas correspondientes en VB podría modificar esta evidencia, pero es necesaria más investigación.¹²

5.3 Suma e inhibiciones binoculares

Para las personas con un sistema visual sano, el rendimiento de la VB es mejor que el de la visión monocular, esto es debido a un fenómeno conocido como suma binocular. Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado y aunque existe cierta controversia en su funcionamiento y limitaciones en la BV, la suma binocular se debe a una mayor eficiencia en el preprocesamiento parafoveal de la información en la visión binocular, lo que se traduce en que los tiempos de fijación son más cortos en comparación con los tiempos de fijación en visión monocular.

En los pacientes de baja visión, las condiciones no son las óptimas y podemos encontrarnos con situaciones en las que existen diferencias interoculares de AV o de sensibilidad al contraste que dificultarían el proceso de suma binocular y darían como resultado la inhibición de la misma; sin embargo se ha demostrado, que es posible que exista suma binocular incluso en pacientes de baja visión con diferencias interoculares. Esta condición en los pacientes de baja visión se debe principalmente a la posición de los PRL monoculares durante la VB, de forma que se ha estudiado como durante la VB el PRL del mejor ojo impulsa el movimiento de fijación por el cual se procede a la alineación de ambos ojos, de tal forma que si el PRL del peor ojo se encuentra en un área correspondiente a la del PRL del mejor ojo o el área estimulada resultado de la alineación de los ejes es un área que no esta afectada, es posible que se dé el proceso de suma; sin embargo si los PRL monoculares se encuentran en áreas no correspondientes o el área estimulada en el peor ojo es un área afectada, se dará el proceso de inhibición.

Una de las principales limitaciones para el estudio de los procesos de suma e inhibición binocular es la escasa y contradictoria evidencia científica, además de que los procesos de suma e inhibición en pacientes de baja visión solo se han estudiado en patologías maculares, lo que puede dificultar extrapolar la información obtenida a otros grupos de baja visión.²²

En general, el concepto de suma e inhibición binocular es relativamente nuevo y necesita de más investigación para desarrollar una importancia clínica real, aunque se puede considerar que los procesos de suma e inhibición pueden tener cierta importancia en el ámbito de la rehabilitación visual. La información obtenida se puede usar con el propósito de prescribir la mejor ayuda óptica en función de las necesidades concretas del paciente o la elección de distintas técnicas para adaptación de la discapacidad visual, con el fin de mejorar la calidad de vida del paciente de baja visión.

De esta forma los pacientes que presenten inhibición binocular en la lectura pueden preferir usar ayudas monoculares para baja visión con el mejor ojo mientras ocluyen el peor ojo. Como ocurre en el estudio de Silvestri et al ³² en el que se concluyó que el 52% de los pacientes del grupo que experimenta inhibición binocular mostraron preferencia por el uso de ayudas monoculares, mientras que los de los grupos que no experimentaban inhibición preferían las ayudas visuales binoculares.

Diferentes estudios advierten acerca de la escasa repetibilidad en la medición de estos procesos además de la falta de un protocolo estandarizado para su aplicación clínica, es por ello que es necesaria más investigación antes poder aplicar estos conceptos con regularidad en las evaluaciones y la rehabilitación visual.³³

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para el desarrollo de futuros enfoques de rehabilitación de la lectura que incorporarían la función binocular en lugar de centrarse solo en el mejor ojo.

5.4 Fusión de campos visuales

Relativamente poca investigación se ha centrado en la aplicación y utilidad de la información obtenida como resultado de la evaluación de los CV binoculares resultantes en pacientes de baja visión que sufren de un defecto de CV. Esto es sorprendente considerando que se ha evidenciado de que existe una variación del CV binocular resultante con respecto al CV monocular cuando se evalúa

binocularmente frente a las mediciones monoculares, además se ha demostrado que la información obtenida acerca de la función visual binocular mediante la evaluación de los CV de manera binocular, puede ser de gran utilidad para el entendimiento de la visión resultante del paciente, que en función de su estado estará relacionada con un mejor o peor rendimiento de tareas cotidianas como la lectura, abotonarse una camisa o el reconocimiento de objetos; como muestra el estudio de Yamazaki et al,³⁴ en el que evidencia de una correlación negativa entre el defecto del campo visual en pacientes con glaucoma avanzado y la capacidad de realización de diferentes tareas cotidianas, mediante la realización de campos visuales integrados.

Incluso puede afectar a la movilidad en el caso de reducciones de campo significativas como se demuestra en el estudio de Subhi et al,³⁵ en el que se evalúan diferentes aspectos de la movilidad y se comparan con campos visuales binoculares obtenidos mediante diferentes técnicas como el campo visual de Easterman y campos visuales integrados, en el que no solo se obtuvieron resultados en los que correlacionan directamente la reducción de las capacidades de movilidad auto informadas de los pacientes con una mayor reducción de los campos visuales binoculares, de manera que aquellos pacientes con campos visuales binoculares más reducidos tenían una mayor probabilidad de sufrir accidentes o caídas, sino que además se observó como la técnica de campo visual Easterman obtuvo mejores resultados en la obtención de la información acerca de la función visual binocular resultante y como esta se relaciona con capacidad de movilidad que la técnica de campos visuales integrados.³⁰

Es por ello que la evaluación del CV binocular, mediante las diferentes técnicas, puede ser una herramienta útil para el conocimiento de la función visual resultante, además de proporcionar un mejor entendimiento acerca de la afectación visual y las repercusiones que esta tiene en la calidad de vida de los pacientes de BV, y puede ser utilizada para afrontar de mejor manera los planes de rehabilitación visual, además de la prescripción de ayudas ópticas que ofrezcan un mejor rendimiento de su función visual resultante demostrando así

que una evaluación de los campos visuales binoculares tiene mayor relevancia en el ámbito de la rehabilitación visual en comparación al ámbito clínico.

Durante esta revisión bibliográfica no solo hemos podido ver como se da la VB en los pacientes de BV, sino además como esta puede mejorar la calidad de vida y como se relaciona la baja visión con una mayor prevalencia de las disfunciones de binoculares que afectan a VB, además de los beneficios que puede generar en los pacientes de baja visión. De esta manera se comprueba una importancia limitada de una correcta evaluación de la visión binocular en la rehabilitación visual, debido al hecho de la escasa evidencia y los pocos y en ocasiones contradictorios estudios que evalúan la visión binocular en pacientes de baja visión. Es por ello que se necesita de mas investigación específica que aborde de una manera integral la VB en pacientes de BV y su RV.

6 CONCLUSIÓN

tras el análisis realizado, determinamos que las principales funciones o características de la VB que guardan relación con las alteraciones de la VB son:

- El sistema vergencial motor
- La estereopsis
- Los procesos de suma e inhibición binocular
- La fusión de los CV

Y como la disfunción de cualquiera de estos elementos necesarios para la correcta VB provoca una ausencia o alteración en la VB, que se traduce en un peor rendimiento en la realización de tareas cotidianas como la lectura o el desplazamiento, que afectan directamente a la calidad de vida de los pacientes de BV, de esta manera se pone de manifiesto la importancia de la evaluación de los diferentes elementos necesarios para la correcta función de la VB en pacientes de BV en la RV.

Mediante el análisis de los diferentes estudios de la revisión, podemos concluir que actualmente no existe evidencia alguna que demuestre la posibilidad de restaurar total o parcialmente la visión binocular o cualquiera de las funciones o características que intervienen en la VB.

Finalmente se concluye, la importancia de incluir en el proceso de la RV, la evaluación de la visión binocular, ya que su ausencia puede dar a lugar a la prescripción de ayudas ópticas que no sacan el máximo partido a la función visual resultante, o de recomendaciones ineficaces en el proceso de RV que finalmente provocan la frustración, tanto del paciente como del rehabilitador visual, produciendo una situación que puede suponer el fracaso de la rehabilitación visual. sin embargo existen ciertas limitaciones que afectan a su aplicación tanto clínica como en la rehabilitación visual, considero de esta

manera que se necesita más investigación específica que evalué de manera integral los diferentes procesos de la función visual binocular en la rehabilitación.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. Zhang ML, Hirunyachote P, Jampel H. Combined surgery versus cataract surgery alone for eyes with cataract and glaucoma. *Cochrane database Syst Rev*. 2015;7(7):CD008671. doi:10.1002/14651858.CD008671.PUB3
2. Nguyen NX, Besch D, Bartz-Schmidt K, Gelisken F, Trauzettel-Klosinski S. Reading performance with low-vision aids and vision-related quality of life after macular translocation surgery in patients with age-related macular degeneration. *Acta Ophthalmol Scand*. 2007;85(8):877-882. doi:10.1111/j.1600-0420.2007.00963.x
3. Blake R, Wilson H. Binocular Vision. *Vision Res*. 2011;51(7):754. doi:10.1016/J.VISRES.2010.10.009
4. Martín Herranz R, Vecilla Antolínez G. *Manual de Optometría*. Editorial Médica Panamericana; 2018.
5. Bourne RRA, Steinmetz JD, Saylan M, et al. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: The Right to Sight: An analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Heal*. 2021;9(2):e144-e160. doi:10.1016/S2214-109X(20)30489-7
6. Miqueli Rodríguez M, López Hernández SM, Rodríguez Masó Instituto Cubano de Oftalmología S, Pando Ferrer R, Habana L. Baja visión y envejecimiento de la población Low vision and population aging. *Rev Cuba Oftalmol*. 2016;29(3). Accessed July 7, 2022. <http://scielo.sld.cu492>
7. Tong J, Huang J, Khou V, Martin J, Kalloniatis M, Ly A. Topical Review: Assessment of Binocular Sensory Processes in Low Vision. *Optom Vis Sci*. 2021;98(4):310. doi:10.1097/OPX.0000000000001672
8. Uzdrowska M, Crossland M, Broniarczyk-Loba A. Is binocular vision worth considering in people with low vision? *Klin Oczna*. 2014;116(1).
9. Miyata M, Oishi A, Ogino K, et al. Relationship between Ocular Deviation and Visual Function in Retinitis Pigmentosa. *Sci Rep*. 2018;8(1). doi:10.1038/S41598-018-33211-6
10. Migliorini R, Comberiat AM, Galeoto G, Fratipietro M, Arrico L. Eye Motility Alterations in Retinitis Pigmentosa. *J Ophthalmol*. 2015;2015. doi:10.1155/2015/145468
11. Tarita-Nistor L, Brent MH, Steinbach MJ, González EG. Fixation patterns in maculopathy: from binocular to monocular viewing. *Optom Vis Sci*. 2012;89(3):277-287. doi:10.1097/OPX.0B013E318244E8B1
12. Tarita-Nistor L, Mandelcorn MS, Mandelcorn ED, Markowitz SN. Effect of Disease Progression on the PRL Location in Patients With Bilateral Central Vision Loss. *Transl Vis Sci Technol*. 2020;9(8):1-7. doi:10.1167/TVST.9.8.47
13. Skrbek M. Binocular Refraction in Patients with Age-Related Macular Degeneration. *Coll Antropol*. 2013;37:153-156.
14. Verghese P, Tyson TL, Ghahghaei S, Fletcher DC. Depth Perception and Grasp in Central Field Loss. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57(3):1476. doi:10.1167/IOVS.15-18336
15. Felson 18, Rc L, Hirsch R, et al. The association between various visual function tests and low fragility hip fractures among the elderly: a Malaysian experience. *Age Ageing*. 2010;39(2):239-245. doi:10.1093/AGEING/AFP259
16. Cao KY, Markowitz SN. Residual stereopsis in age-related macular degeneration

- patients and its impact on vision-related abilities: A pilot study. *J Optom.* 2014;7(2):100. doi:10.1016/J.OPTOM.2013.12.003
17. Nikolova M, Jainta S, Blythe HI, Liversedge SP. Binocular advantages for parafoveal processing in reading. *Vision Res.* 2018;145:56-63. doi:10.1016/J.VISRES.2018.02.005
 18. Kotecha A, O'Leary N, Melmoth D, Grant S, Crabb DP. The Functional Consequences of Glaucoma for Eye–Hand Coordination. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2009;50(1):203-213. doi:10.1167/IOVS.08-2496
 19. Kotecha A, Richardson G, Chopra R, Fahy RTA, Garway-Heath DF, Rubin GS. Balance Control in Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(12):7795-7801. doi:10.1167/IOVS.12-10866
 20. Goldstein JH, Clahane AC, Sanfilippo S. The role of the periphery in binocular vision. *Am J Ophthalmol.* 1966;62(4):702-706. doi:10.1016/0002-9394(66)92198-2
 21. Tong J, Huang J, Khou V, Martin J, Kalloniatis M, Ly A. Topical Review: Assessment of Binocular Sensory Processes in Low Vision. *Optom Vis Sci.* 2021;98(4):310. doi:10.1097/OPX.0000000000001672
 22. Silvestri V, Sasso P, Piscopo P, et al. Reading with central vision loss: binocular summation and inhibition. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2020;40(6):778. doi:10.1111/OPO.12726
 23. Tzaridis S, Herrmann P, Issa PC, et al. Binocular Inhibition of Reading in Macular Telangiectasia Type 2. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2019;60(12):3835-3841. doi:10.1167/IOVS.18-26414
 24. Tarita-Nistor L, González EG, Markowitz SN, Steinbach MJ. Binocular interactions in patients with age-related macular degeneration: Acuity summation and rivalry. *Vision Res.* 2006;46(16):2487-2498. doi:10.1016/J.VISRES.2006.01.035
 25. Tinetti ME, Inouye SK, Gill TM, Doucette JT. Shared Risk Factors for Falls, Incontinence, and Functional Dependence: Unifying the Approach to Geriatric Syndromes. *JAMA J Am Med Assoc.* 1995;273(17):1348-1353. doi:10.1001/JAMA.1995.03520410042024
 26. Ana B, Cristina S, Dorin C. Evaluation of peripheral binocular visual field in patients with glaucoma: a pilot study. *Rom J Ophthalmol.* 2016;60(1):21. Accessed June 11, 2022. /pmc/articles/PMC5712915/
 27. Musch DC, Niziol LM, Gillespie BW, Lichter PR, Janz NK. Binocular Measures of Visual Acuity and Visual Field versus Binocular Approximations. *Ophthalmology.* 2017;124(7):1031. doi:10.1016/J.OPHTHA.2017.02.013
 28. Kumagai T, Shoji T, Yoshikawa Y, et al. Comparison of central visual sensitivity between monocular and binocular testing in advanced glaucoma patients using imo perimetry. *Br J Ophthalmol.* 2020;104(11):1258. doi:10.1136/BJOPHTHALMOL-2019-315251
 29. Tabrett DR, Latham K. Factors Influencing Self-reported Vision-Related Activity Limitation in the Visually Impaired. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52(8):5293-5302. doi:10.1167/IOVS.10-7055
 30. Timmis MA, Pardhan S. Patients with Central Visual Field Loss Adopt a Cautious Gait Strategy during Tasks That Present a High Risk of Falling. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(7):4120-4129. doi:10.1167/IOVS.12-9897
 31. O'Connor AR, Tidbury LP. Stereopsis: are we assessing it in enough depth? *Clin Exp Optom.* 2018;101(4):485. doi:10.1111/CXO.12655
 32. Silvestri V, Sasso P, Piscopo P, et al. Reading with central vision loss: binocular summation and inhibition. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2020;40(6):778.

doi:10.1111/OPO.12726

33. McElvanney A, Moseley MJ, Jones HS. Binocular inhibition of visual performance in patients with cataract. The influence of test reliability. *Acta Ophthalmol.* 1994;72(5):606-611. doi:10.1111/J.1755-3768.1994.TB07187.X
34. Yamazaki Y, Sugisaki K, Araie M, et al. Relationship between Vision-Related Quality of Life and Central 10° of the Binocular Integrated Visual Field in Advanced Glaucoma. *Sci Rep.* 2019;9(1). doi:10.1038/S41598-019-50677-0
35. Subhi H, Latham K, Myint J, Crossland M. Functional visual fields: a cross-sectional UK study to determine which visual field paradigms best reflect difficulty with mobility function. *BMJ Open.* 2017;7(11). doi:10.1136/BMJOPEN-2017-018831